

**FLOW CONTROL METHOD AND DEVICE**

Patent Number: JP11163936  
Publication date: 1999-06-18  
Inventor(s): SATOU HITOKI  
Applicant(s): TOSHIBA CORP  
Requested Patent: ☐ JP11163936  
Application Number: JP19970329218 19971128  
Priority Number(s):  
IPC Classification: H04L12/56; H04L12/28  
EC Classification:  
Equivalents: JP3435329B2

---

**Abstract**

---

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a flow control method that can determine an optimal packet transmission speed in a communication terminal.

**SOLUTION:** The device provides a flow control method in a packet communication network in which, when a reception terminal receives a packet, an ACK packet for informing a transmission terminal that the packet is received is returned to the transmission terminal which adjusts a transmission speed. At this time, when the ACK arrives, it is confirmed whether or not there is an RTT and a packet abandonment, and a feature amount for indicating a state of a packet network is obtained on the basis of whether or not there is the obtained RTT and the packet abandonment, then a parameter for indicating a relation between the feature amount for indicating the state of the packet network and the packet transmission speed is identified and the optimal packet transmission speed is determined on the basis of the identified parameter.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

**BEST AVAILABLE COPY**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-163936

(43) 公開日 平成11年(1999) 6月18日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

H 0 4 L 12/56  
12/28

識別記号

F I

H 0 4 L 11/20

1 0 2 C

G

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号

特願平9-329218

(22) 出願日

平成9年(1997)11月28日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 佐藤 仁樹

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株

式会社東芝研究開発センター内

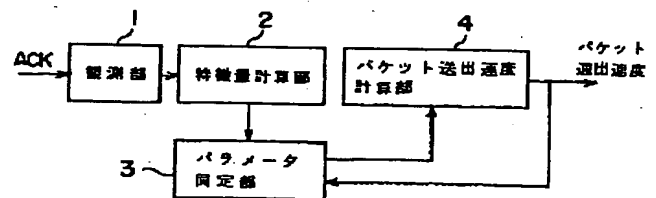
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

(54) 【発明の名称】 フロー制御方法及びフロー制御装置

(57) 【要約】

【課題】 通信端末における最適なパケット送出速度を決定することが可能なフロー制御方法を提供すること。

【解決手段】 受信端末がパケットを受信すると、パケットを受信したことを送信端末に告げるためのACKパケットを送信端末に返送し、送信端末がパケットの送出速度を調節するパケット通信網におけるフロー制御方法であって、ACKが到着すると、RTTおよびパケット廃棄の有無を求め、求められた前記RTTおよびパケット廃棄の有無に基づいてパケット網の状態を示す特徴量を求め、パケット網の状態を示す特徴量とパケット送出速度との関係を示すパラメータを同定し、同定された前記パラメータに基づいて最適なパケット送出速度を決定することを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】受信端末がパケットを受信すると、パケットを受信したことを送信端末に告げるためのACKパケットを送信端末に返送し、送信端末がパケットの送出速度を調節するパケット通信網におけるフロー制御方法であって、

ACKが到着すると、RTTおよびパケット廃棄の有無を求め、

求められた前記RTTおよびパケット廃棄の有無に基づいてパケット網の状態を示す特徴量を求め、

パケット網の状態を示す特徴量とパケット送出速度との関係を示すパラメータを同定し、

同定された前記パラメータに基づいて最適なパケット送出速度を決定することを特徴とするフロー制御方法。

【請求項2】前記パケット網の状態を示す特徴量として、パケット廃棄区間の生起率とパケット廃棄区間長の平均値、またはパケット廃棄区間の生起率とパケット廃棄区間長とパケット送出速度のうちの少なくとも2つの積の平均値を求めることを特徴とする請求項1に記載のフロー制御方法。

【請求項3】過去のパケット送出速度およびパケット網の状態を示す特徴量をもとに前記パラメータを同定することを特徴とする請求項1または2に記載のフロー制御方法。

【請求項4】受信端末がパケットを受信すると、パケットを受信したことを送信端末に告げるためのACKパケットを送信端末に返送し、送信端末がパケットの送出速度を調節するパケット通信網に用いられるフロー制御装置であって、

ACKが到着すると、RTTおよびパケット廃棄の有無を求める手段と、

求められた前記RTTおよびパケット廃棄の有無に基づいてパケット網の状態を示す特徴量を求める手段と、

パケット網の状態を示す特徴量とパケット送出速度との関係を示すパラメータを同定する手段と、

同定された前記パラメータに基づいて最適なパケット送

$$\text{Expected} = \text{WindowSize} / \text{BaseRTT}$$

$$\text{Actual} = \text{SendPacket} / \text{ActRTT}$$

$$\text{Diff} = \text{Expected} - \text{Actual} \quad \dots (1)$$

適当なしきい値 $\alpha$ 、 $\beta$  ( $\alpha < \beta$ ) を用いて、以下のよう  
にWindowSizeを決定するVegas (L. S. Brankmo, L. L. Peterson, "TCP Vegas: End to End Congestion Avoidance on a Global Internet", IEEE J. on Selected Areas in Comm., Vol. 13, No. 8, pp. 1465-1480, Oct. 1995) が提案された。

1)  $\text{Diff} < \alpha$  の場合、次のRTTの間に、WindowSizeを線形に増加させる。

出速度を決定する手段とを備えたことを特徴とするフロー制御装置。

【請求項5】前記パケット網の状態を示す特徴量として、パケット廃棄区間の生起率とパケット廃棄区間長の平均値、またはパケット廃棄区間の生起率とパケット廃棄区間長とパケット送出速度のうちの少なくとも2つの積の平均値を求めることを特徴とする請求項4に記載のフロー制御装置。

【請求項6】前記同定する手段は過去のパケット送出速度およびパケット網の状態を示す特徴量をもとに前記パラメータを同定することを特徴とする請求項4または5に記載のフロー制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、セルやパケットを用いて情報の通信や蓄積を行うパケット通信システムやATM通信システムの通信端末が、セルやパケットの送出速度を決める際に必要となるフロー制御方法及びフロー制御装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】パケット廃棄が観測されたときには、一度に送出できるパケット数または情報量（これをウィンドウサイズと呼ぶ）を減らし、正常に受信端末にパケットが届いたことがACKにより確認されたときには、ウィンドウサイズを増加させるTCPの方式には、TahoeとReno (W. R. Stevens, TCP/IP Illustrated, Vol. 1: The Protocols, Addison-Wesley, 1994) がある。

【0003】また、最小のRTT (BaseRTT) とACKの到着ごとに観測される現在のRTT (ActRTT)、ウィンドウサイズ (WindowSize)、ActRTTの間に送信したパケット数または情報量 (SendPacket) から、式(1)によりDiffを計算し、

2)  $\text{Diff} > \beta$  の場合、次のRTTの間に、WindowSizeを線形に減少させる。

3)  $\alpha < \text{Diff} < \beta$  の場合、WindowSizeを変えない。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】従来方式のTahoe, Renoではウィンドウサイズの増加および減少速度を、Vegasではしきい値 $\alpha$ および $\beta$ を決める必要があるが、これらのパラメータと最適なウィンドウサイズ制御の関係が明らかでないため、最適なパラメータを決めることが困難であった。また、パラメータ決定の際

に用いた網構成（例えば、RTTの最小値（伝搬遅延）やパケット交換機のバッファ量）が変化すると、スループットは大幅に低下するという欠点があった。

【0005】本発明は、上記事情を考慮してなされたもので、通信端末における最適なパケット送出速度を決定することが可能なフロー制御方法及びフロー制御装置を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、受信端末がパケットを受信すると、パケットを受信したことを送信端末に告げるためのACKパケットを送信端末に返送し、送信端末がパケットの送出速度を調節するパケット通信網におけるフロー制御方法であって、ACKが到着すると、RTT（Round Trip Time；ACK到着時刻とパケット送信時刻の差）およびパケット廃棄の有無を求め、求められた前記RTTおよびパケット廃棄の有無に基づいてパケット網の状態を示す特徴量を求め、パケット網の状態を示す特徴量とパケット送出速度との関係を示すパラメータを同定し、同定された前記パラメータに基づいて最適なパケット送出速度を決定することを特徴とする。

【0007】好ましくは、前記パケット網の状態を示す特徴量として、パケット廃棄区間の生起率とパケット廃棄区間長（通信網または受信端末において、パケットが連続的に廃棄される区間長）の平均値、またはパケット廃棄区間の生起率とパケット廃棄区間長とパケット送出速度のうちの少なくとも2つの積の平均値を求めるようにしてもよい。

【0008】好ましくは、過去のパケット送出速度およびパケット網の状態を示す特徴量をもとに前記パラメータを同定するようにしてもよい。本発明は、受信端末がパケットを受信すると、パケットを受信したことを送信端末に告げるためのACKパケットを送信端末に返送し、送信端末がパケットの送出速度を調節するパケット通信網に用いられるフロー制御装置であって、ACKが到着すると、RTT（Round Trip Time；ACK到着時刻とパケット送信時刻の差）およびパケット廃棄の有無を求める手段と、求められた前記RTTおよびパケット廃棄の有無に基づいてパケット網の状態を示す特徴量を求める手段と、パケット網の状態を示す特徴量とパケット送出速度との関係を示すパラメータを同定する手段と、同定された前記パラメータに基づいて最適なパケット送出速度を決定する手段とを備えたことを特徴とする。

【0009】好ましくは、前記パケット網の状態を示す特徴量として、パケット廃棄区間の生起率とパケット廃棄区間長（通信網または受信端末において、パケットが連続的に廃棄される区間長）の平均値、またはパケット廃棄区間の生起率とパケット廃棄区間長とパケット送出速度のうちの少なくとも2つの積の平均値を求めるよう

にしてもよい。

【0010】好ましくは、前記同定する手段は過去のパケット送出速度およびパケット網の状態を示す特徴量をもとに前記パラメータを同定するようにしてもよい。本発明によれば、通信端末における最適なパケット送出速度を決定することができる。なお、上記の発明は、相当する手順あるいは手段をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録した機械読取り可能な媒体としても成立する。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら発明の実施の形態を説明する。図1に、本発明の一実施形態に係るフロー制御装置の構成を示す。また、図2に、本フロー制御装置によるフロー制御の処理手順を示す。

【0012】本フロー制御装置は、ソフトウェアとして実現可能である。また、本フロー制御装置もしくはこれを実現するソフトウェアは典型的には制御対象となる通信端末に搭載されるが、これに限定されるものではない。

【0013】図1に示されるように、本実施形態に係るフロー制御装置は、観測部1、特徴量計算部2、パラメータ同定部3、パケット送出速度計算部4を備えている。観測部1は、送信端末へACKが到着すると（ステップS1）、RTT（Round Trip Time；ACK到着時刻とパケット送信時刻の差）を求めるとともに、パケット廃棄の有無を検出する（ステップS2、3）。

【0014】特徴量計算部2は、観測部1により求められたRTTとパケット廃棄の有無に基づいてパケット網の状態を示す特徴量を求める（ステップS4）。パラメータ同定部3は、特徴量計算部2により求められた特徴量と当該送信端末における過去のパケット送出速度に基づいて、パケット網の状態を示す特徴量とパケット送出速度との間の関係を示すパラメータを同定する（ステップS5）。

【0015】パケット送出速度計算部4は、パラメータ同定部3により同定されたパラメータに基づいて当該送信端末における最適なパケット送出速度を決定する（ステップS6）。

【0016】以下、本実施形態に係る最適パケット送出速度の算出アルゴリズムの一例についてさらに詳しく説明する。最初に以下で用いる語句や変数について説明する。

【0017】図3に例示するように、パケットは、送信情報を適当な長さに分割した情報セグメントと、宛先情報などが書かれたヘッダからなる。nはパケット内の情報セグメントに対するシーケンス番号を示す。v [byte]は情報セグメント長（以下、パケット長と呼ぶ）を示す。

【0018】λ [byte/sec]は、当該送信端末

におけるパケット $n$ の送出速度を示す。なお、最適なパケット送出速度を $\lambda^*$ で表す。 $y$ は、詳しくは後述するが、パケットが廃棄されたことにより生じるパケット廃棄区間の生起率を示す。

【0019】 $e$  [sec] は、詳しくは後述するが、パケット廃棄区間長を示す。 $z$  [byte/sec] は、パケットを送信することにより受信端末がエラーなしに受け取ることができる情報の情報速度（これをスループットと呼ぶ）を示す。

【0020】 $T$  [sec] は、図4に例示するように、パケットの送信間隔を示す。また、 $y_r$  はパケット廃棄区間の生起率の推定値を示し、 $e_r$  [sec] はパケッ

$$z_r = \lambda \{1 - y_r e_r \lambda / v\}$$

ここで、 $\lambda = v/T$ である。また、 $y$ と $e$ は、特徴量計算部2において、パケット廃棄の有無とRTTから計算される。

【0023】 $y$ と $e$ の積は定常状態において $\lambda$ の関数で

$$y e = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot (\lambda - \beta) + \dots + \alpha_K \cdot (\lambda - \beta)^K + \delta \quad \dots (3)$$

ここで、 $\delta$ は残差である。

【0024】 $y_r$ と $e_r$ の積 $y_r e_r$ を式(4)で表し

$$y_r e_r = \alpha_{r0} + \alpha_{r1} \cdot (\lambda - \beta) + \dots + \alpha_{rK} \cdot (\lambda - \beta)^K \quad \dots (4)$$

例えば、最小自乗法（近藤次郎，“数学モデル—現象の数式化”，丸善）を用いると、 $\alpha_{r0}$ 、 $\alpha_{r1}$ 、 $\alpha_{r2}$ 、 $\dots$ 、

$$\epsilon = y_r e_r - y e$$

として、式(6)が最小となるように同定される。

【0025】

$$\sum_{i=m-N+1}^m (y_r(i) e_r(i) - y(i) e(i))^2 \quad \dots (6)$$

【0026】ここで、 $m$ は送信端末に到着したACKの総数であり、 $N$ はスライディングウィンドウの長さである。 $y(i)$ と $e(i)$ は、各々 $i$ 個目のACKが到着したことにより観測されるパケット廃棄区間の生起率とパケット廃棄区間長を表す。前者は $i$ 個目のACKと $i-1$ 個目のACKの間にパケット廃棄がある場合は1、そうでない場合は0、後者は $i$ 個目のACKと $i-1$ 個目のACKの到着時刻の差で定義される。 $y_r(i)$ はパケット廃棄区間の生起率の推定値、 $e_r(i)$ はパケット廃棄区間長の推定値であり、各々 $i$ 個目のACKにより送達確認されたパケットが送信されたときに計算されたものである。 $n$ 、 $m$ および $e(i)$ の関係を図6に例示する。

$$\begin{cases} W[x(m)] = \omega_0 W[x(m-1)] + \omega_1 x(m) \\ W[x(1)] = x(1) \\ 0 < \omega_0 < 1 \\ \omega_1 = 1 - \omega_0 \end{cases} \quad \dots (7)$$

すると、この置き換えによって、最適な $\alpha_{r0}$ 、 $\alpha_{r1}$ 、 $\alpha_{r2}$ 、 $\dots$ 、 $\alpha_{rK}$ は、最小自乗法より、式(8)の解として得ることができる。

トが廃棄されたときのパケット廃棄区間長の推定値を示し、 $z_r$  [byte/sec] はパケットを送信するときのスループットの期待値を示すものとする。

【0021】次に、パケット網の状態を示す特徴量とパケット送出速度との間の関係を示すパラメータの同定について説明する。ここでは、パケット網の状態を示す特徴量として、パケット廃棄区間の生起率 $y$ とパケット廃棄区間長 $e$ との積 $y e$ に着目するものとする。

【0022】パケットを送信するときのスループットの期待値 $z_r$  [byte/sec]の数学モデルは、パケット長 $v$ を一定とすると、式(2)で表される。

$$\dots (2)$$

表されるため、 $K$ を1以上の自然数、 $\alpha_{r0}$ 、 $\alpha_{r1}$ 、 $\alpha_{r2}$ 、 $\dots$ 、 $\alpha_{rK}$ 、 $\beta$ を実数として、式(3)で $y$ と $e$ の積 $y e$ を近似することができる。ここで、 $K$ と $\beta$ は予め適当に決めておく。

たとき、パラメータ $\alpha_{r0}$ 、 $\alpha_{r1}$ 、 $\alpha_{r2}$ 、 $\dots$ 、 $\alpha_{rK}$ は理論的に最適に同定される。

$\alpha_{rK}$ は、 $y_r e_r$ と $y e$ の誤差 $\epsilon$ を

$$\dots (5)$$

【数1】

【0027】ところで、式(6)が最小となるような $\alpha_{r0}$ 、 $\alpha_{r1}$ 、 $\alpha_{r2}$ 、 $\dots$ 、 $\alpha_{rK}$ を同定するには、式(6)の $\Sigma$ を長さ $N$ のスライディングウィンドウを用いて計算する必要があるため、計算量またはハードウェアが大規模になる。

【0028】そこで、例えば次のようにすることにより、より少ない計算量やハードウェア規模で $\alpha_{r0}$ 、 $\alpha_{r1}$ 、 $\alpha_{r2}$ 、 $\dots$ 、 $\alpha_{rK}$ を同定することができる。すなわち、まず、式(6)の $\Sigma$ を式(7)のような加重平均 $W[\cdot]$ に置き換える。

【0029】

【数2】

【0030】

【数3】

$$\left\{ \begin{array}{l} W \left[ 2 \sum_{j=0}^K \alpha_{rj} (\lambda(m) - \beta)^{j-y(m)} e(m) \right] = 0 \\ W \left[ 2 \sum_{j=0}^K \alpha_{rj} (\lambda(m) - \beta)^{j-y(m)} e(m) (\lambda(m) - \beta) \right] = 0 \\ \vdots \\ W \left[ 2 \sum_{j=0}^K \alpha_{rj} (\lambda(m) - \beta)^{j-y(m)} e(m) (\lambda(m) - \beta)^K \right] = 0 \end{array} \right. \quad \dots (8)$$

【0031】ここで、 $\lambda(m)$  は、 $m$  個目のACKにより送達確認されたパケットが送信されたときのパケット送信速度である。なお、ここでの計算はパラメータ同定部3により行われる。

【0032】次に、最適なパケット送出速度の決定について説明する。上記のようにして最適な $\alpha_{r0}$ 、 $\alpha_{r1}$ 、 $\alpha_{r2}$ 、 $\dots$ 、 $\alpha_{rK}$ が同定されれば、最適なパケット送出速度 $\lambda^*$ も同様に最適化理論を用いて理論的に決めることが

$$\frac{dz_r}{d\lambda} = 1 - \frac{2y_r e_r \lambda}{\nu} - \lambda^2 \frac{dy_r e_r}{d\lambda} \frac{1}{\nu} = 0 \quad \dots (9)$$

したがって、式(9)を変形した式(10)の解が最適なパケット送出速度 $\lambda^*$ となる。

$$\begin{aligned} & -\nu + 2 \left( \sum_{j=0}^K \alpha_{rj} (\lambda - \beta)^j \right) \lambda \\ & + \left( \sum_{j=0}^K j \alpha_{rj} (\lambda - \beta)^{j-1} \right) \lambda^2 = 0 \end{aligned}$$

... (10)

【0036】以上のようにして、送信端末におけるパケット送出速度を決める際に必要となる最適パケット送出速度 $\lambda^*$ を求めることができる。なお、ここでの計算はパケット送出速度計算部4により行われる。

【0037】次に、上記アルゴリズムにおいて計算量を削減して最適なパケット送出速度 $\lambda^*$ を求める例について説明する。上記のようにパラメータ $\alpha_{r0}$ 、 $\alpha_{r1}$ 、 $\alpha_{r2}$ 、 $\dots$ 、 $\alpha_{rK}$ と最適なパケット送出速度 $\lambda^*$ を、それぞれ、式(8)と式(10)の解として計算するために

$$\alpha_{rK} = W \left[ (y(m) e(m)) \lambda(m)^K \right] / W \left[ \lambda(m)^{2K} \right] \quad \dots (11)$$

さらに、式(11)は、近似的に、

$$\alpha_{rK} = W \left[ (y(m) e(m)) \right] / W \left[ \lambda(m)^K \right] \quad \dots (12)$$

または、

$$\alpha_{rK} = W \left[ y(m) \right] W \left[ e(m) \right] / W \left[ \lambda(m)^K \right] \quad \dots (13)$$

と計算することもできる。

【0040】そして、最適なパケット送出速度 $\lambda^*$ は式

$$\lambda^* = (\nu / ((2+K) \alpha_{rK}))^{1/(K+1)} \quad \dots (14)$$

したがって、まず、式(11)、式(12)および式(13)のうちのいずれかを採用し、特徴量計算部2に

できる。

【0033】例えば、極値法による最適化(近藤次郎, “数学モデル—現象の数式化”, 丸善)によると、最適なパケット送出速度 $\lambda^*$ は、式(2)を $\lambda$ で微分して0とした式(9)の解である。

【0034】

【数4】

【0035】

【数5】

は、ある程度大きな計算量またはハードウェアを必要とする。

【0038】そこで、計算量を削減するために、例えば次のようにして、最適なパケット送出速度 $\lambda^*$ を求めることができる。まず、 $\alpha_{r0} = \alpha_{r1} = \alpha_{r2} = \dots = \alpha_{r(K-1)} = 0$ 、 $\beta = 0$ とする。すると、求めるべきパラメータは $\alpha_{rK}$ のみとなり、このパラメータ $\alpha_{rK}$ は式(11)で表すことができる。

【0039】

(14)で表すことができる。

において、パケット網の状態を示す特徴量として、 $W$

$[(y(m) e(m)) \lambda(m)^K]$  (式(11)に基

づく場合)、または、 $W[(y(m)e(m))]$  (式(12)に基づく場合)、または、 $W[y(m)]W[e(m)]$  (式(13)に基づく場合)を計算し、次いでパラメータ同定部3において、特徴量計算部2の計算結果(この値をDataとする)を受けて、 $Data/W[\lambda(m)^{2K}]$  (式(11)の場合)、または、 $Data/W[\lambda(m)^K]$  (式(12)、式(13)の場合)を計算することにより、この計算結果としてパケット網の状態を示す特徴量とパケット送出速度との間の関係を示すパラメータ $\alpha_{rK}$ を同定することができる。

【0041】なお、特徴量計算部2およびパラメータ同定部3では、次のパラメータ同定における各加重平均 $W[\cdot]$ を計算するために、今回の計算で得た各加重平均 $W[\cdot]$ の値を記憶しておく必要がある。

【0042】上記のようにしてパラメータ同定部3によりパラメータ $\alpha_{rK}$ が同定されれば、パケット送出速度計算部4は上記の式(14)を計算することにより、当該装置端末における最適なパケット送出速度 $\lambda^*$ を決定することができる。

【0043】以上のように、RTTとパケット廃棄の有無からパケット網の状態を表す特徴量として $W[(y(m)e(m))]$ または $W[y(m)]W[e(m)]$ または $W[(y(m)e(m))\lambda(m)^K]$ のいずれかが1つを計算し、式(11)または式(12)または式(13)から特徴量とパケット送出速度の関係を示す式(4)におけるパラメータ $\alpha_{r0}$ 、 $\alpha_{r1}$ 、 $\alpha_{r2}$ 、 $\dots$ 、 $\alpha_{rK}$ を同定し、最適なパケット送出速度を式(14)から決めることができる。

【0044】なお、以上において、パケット送出速度の代わりに、ウィンドウサイズを用いる場合には、最適なウィンドウサイズは $\lambda^*$ とRTTの積で計算することができる。

【0045】次に、本実施形態の効果について従来技術との比較を交えつつ説明する。本実施形態では、パケット廃棄の有無とRTTを、パケット網の平均的な特性を表すパケット廃棄区間の生起率とパケット廃棄区間長の平均値に変換して、これらをパケット網の特徴量として利用しているため、ネットワークの確率的な変動を受けにくい。また、パケット送出速度と特徴量の関係式を用いて最適な制御結果が得られるように理論的に導かれたパケット送出速度を計算しているため、最適な制御結果が得られるパケット送出速度を決定できる。また、パケット送出速度と特徴量の関係式のパラメータを過去のデータから推定しているため、網の状態の構造の変化に依存しないという特徴を持つ。

【0046】特に、最適な制御結果を最大スループットとしたときの本実施形態の特性を図5と図6に示す。ここで、単位時間を1と正規化したため、RTTは単位時間に対する倍率、バッファ長は単位時間あたりに伝送で

きるバイト数の倍率で表す。図5は平均サービスレートが0.4のパケット網(チャネルキャパシティを1とする)の最小RTT( $D_f$ )が変化したときの平均スループット(Throughput)と平均パケット廃棄率(PLR)を示す。図5より、 $D_f$ が変化しても、本実施形態の平均スループット( $Z_O$ )は平均チャネルキャパシティとほぼ等しく、本実施形態の平均パケット廃棄率( $PLR_O$ )は安定していることが分かる。また、図6は平均チャネルキャパシティが0.4のパケット網のボトルネックキューのバッファ量( $K_c$ )が変化したときの平均スループット(Throughput)と平均パケット廃棄率(PLR)を示す。図6より、 $K_c$ が変化しても本実施形態では平均チャネルキャパシティとほぼ等しい平均スループットが得られていることが分かる。比較のため、従来方式であるVegasの性能についても示した。図5と図6よりVegasの平均スループット( $Z_V$ )や平均パケット廃棄率( $PLR_V$ )は最小RTTや網のバッファ量の変化に依存していることが分かる。

【0047】なお、以上の各機能は、ソフトウェアとしても実現可能である。また、上記した各手順あるいは手段をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録した機械読取り可能な媒体として実施することもできる。本発明は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、その技術的範囲において種々変形して実施することができる。

【0048】

【発明の効果】本発明によれば、通信端末における最適なパケット送出速度を決定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態に係るフロー制御装置の構成を示す図

【図2】同実施例におけるフロー制御の処理手順の一例を示すフローチャート

【図3】パケットと情報セグメントの関係を説明するための図

【図4】パケット送信シーケンスおよび受信されたACKに関して説明するための図

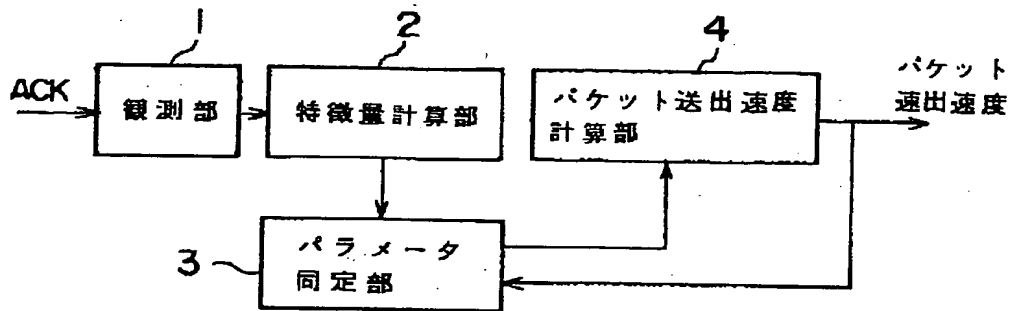
【図5】RTTの最小値に対する同実施形態と従来手法のスループットとパケット廃棄率の変化を比較するための図

【図6】パケット交換機のバッファ量に対する同実施形態と従来手法のスループットとパケット廃棄率の変化を比較するための図

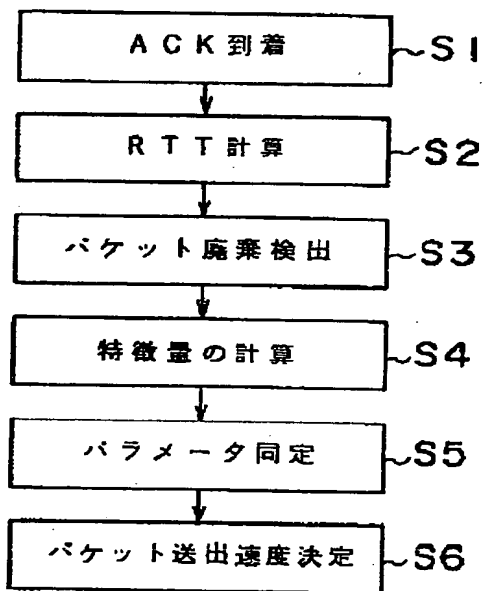
【符号の説明】

- 1…観測部
- 2…特徴量計算部
- 3…パラメータ同定部
- 4…パケット送出速度計算部

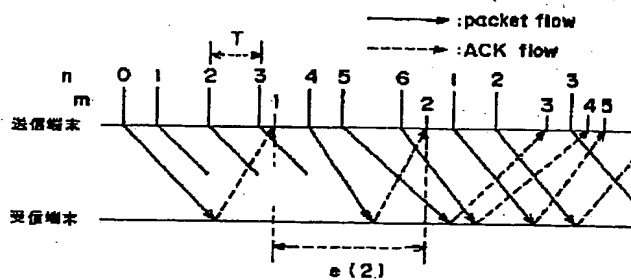
【図1】



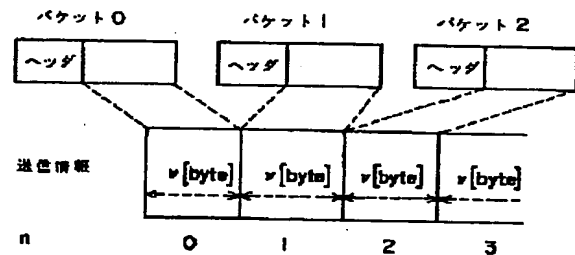
【図2】



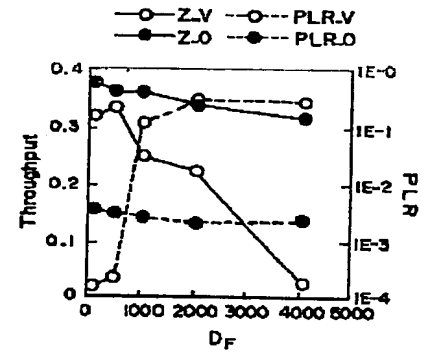
【図4】



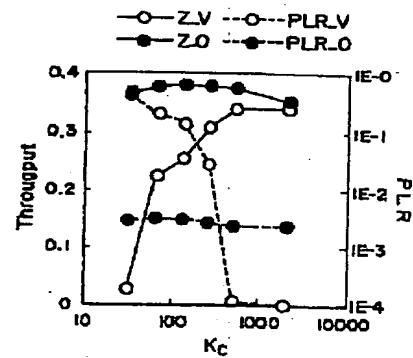
【図3】



【図5】



【図6】





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**